

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроэнергетических систем (ЭЭС)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Проектирование и эксплуатация релейной защиты и автоматики района линии 500 кВ «Холмогорская – Сургутская ГРЭС – 1» Тюменской энергосистемы
УДК 621.316.925.1:621.315.1.027(571.12)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	Балагура Павел Юрьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Кац И.М.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Е.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Извеков В.Н.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
Универсальные компетенции	
P1	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.
P3	Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P4	Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.
Профессиональные компетенции	
P5	Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.

Код результата	Результат обучения
Р9	Проводить технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
Р10	Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
Р11	Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
Р12	Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт Энергетический
 Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
 Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 (Подпись) _____ (Дата) Сулайманов А.О.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ4Б	Балагура Павел Юрьевич

Тема работы:

Проектирование и эксплуатация релейной защиты и автоматики района линии 500 кВ «Холмогорская – Сургутская ГРЭС – 1» Тюменской энергосистемы
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - схема Тюменской энергосистемы - математическая модель Тюменской энергосистемы для программы АРМ СРЗА ·
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Формирование сетевого района; - Анализ основных исходных данных и принятие предварительных проектных решений; - Обоснование варианта выбранных релейных защит и автоматического повторного включения автоматизируемой линии Холмогорская – Сургутская ГРЭС – 1 500 кВ;

дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	<ul style="list-style-type: none"> - Обоснование варианта выбранной релейной защиты энергоблока 210 МВт подстанции СГРЭС – 1; - Использование протокола МЭК 60870-5-103 для организации взаимодействия между терминалами ШЭ111Х ЭКРА 200, установленных на Сургутской ГРЭС – 1; - Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - Раздел «Социальная ответственность»;
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	<ul style="list-style-type: none"> - Приложение Б Рисунок П.Б.1 – Район линии 500 кВ Холмогоры – Сургутская ГРЭС - 1 Тюменской энергосистемы. Схема электрических соединений; - Приложение Б Рисунок П.Б.2 – Район линии 500 кВ Холмогоры – Сургутская ГРЭС - 1 Тюменской энергосистемы. Карта селективности; - Приложение В Рисунок П.В.1 – Район линии 500 кВ Холмогоры – Сургутская ГРЭС - 1 Тюменской энергосистемы. Совмещенная схема замещения прямой, обратной и нулевой последовательности.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Грахова Елена Александровна
«Социальная ответственность»	Извеков Владимир Николаевич
Раздел магистерской диссертации, выполненный на иностранном языке	Тарасова Екатерина Сергеевна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Приложение А Transmission lines protection based on the current eigenvalues differential concept

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Кац И.М.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	Балагура Павел Юрьевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 132 л., 25 рис., 17 табл., 39 источников, 7 прил.

Ключевыми словами: электрическая сеть, район, воздушная линия электропередачи, энергоблок, релейная защита, чувствительность, противоаварийная автоматика, уставка.

Объектом автоматизации является воздушная линия электропередачи напряжением 500 кВ Холмогорская – Сургутская ГРЭС – 1 и энергоблок ТГВ – 200–2МУЗ на ПС СГРЭС –1 Тюменской энергосистемы.

Цель работы: - проектирование релейной защиты и автоматического повторного включения линии 500 кВ «СГРЭС – 1 – ПС Холмогоры» и защиты энергоблока ТГВ – 200–2МУЗ, расположенного на ПС СГРЭС –1.

Для достижения цели использованы расчетные и графоаналитические методы, вычислительные расчетные комплексы АРМ СРЗА с базами данных Тюменской энергосистемы, пакеты вспомогательных программ Mathcad, Excel, вероятностные расчеты.

Спроектированные релейная защита и автоматика линии электропередачи базируются на аппаратуре релейной защиты производства НПП ЭКРА.

Полученные в работе результаты могут быть использованы как предварительные в расчетных группах РЗА центрального, объединенного или регионального диспетчерского управления.

Определения, обозначения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Электроустановка – совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования, предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии.

Электроснабжение – обеспечение потребителей электрической энергией.

Система электроснабжения – совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

Электрическая сеть – совокупность подстанций, распределительных устройств и соединяющих их электрических линий, размещённых на территории района, населённого пункта, потребителя электрической энергии.

Релейная защита – комплекс автоматических устройств, предназначенных для быстрого (при повреждениях) выявления и отделения от электроэнергетической системы повреждённых элементов этой электроэнергетической системы в аварийных ситуациях с целью обеспечения нормальной работы всей остальной сети и энергосистемы.

Электростанция – электрическая станция, совокупность установок, оборудования и аппаратуры, используемых непосредственно для производства электрической энергии, а также необходимые для этого сооружения и здания, расположенные на определённой территории.

Список используемых обозначений:

РЗ – релейная защита.

РЗА – релейная защита и автоматика.

КЗ – короткое замыкание.

ОАПВ – однофазное автоматическое повторное включение.

ТБ – техника безопасности

КПД – коэффициент полезного действия.

ВЛ – воздушная линия.

ВКР – выпускная квалификационная работа.

НИР - научно-исследовательская работа.

ВН – высшее напряжение.

СН – среднее напряжение.

НН – низшее напряжение.

АСУ ТП – автоматическая система управления технологическими процессами.

ПТК – программно-технический комплекс.

Оглавление

Введение	15
1 Формирование сетевого района	18
2 Анализ основных исходных данных и принятие предварительных проектных решений	19
2.1 Конфигурация, параметры схем элементов и установившихся режимов выбранного района	19
2.2 Выбор и обоснование аппаратных средств РЗА	20
2.2.1 Защита линии	20
2.2.2 Защита генератора	26
2.3 Принятие варианта решений по составу и номенклатуре РЗА заданных автоматизируемых объектов	28
2.4 Выбор измерительных трансформаторов	29
3 Обоснование варианта выбранных релейных защит и автоматического повторного включения автоматизируемой линии Холмогорская – Сургутская ГРЭС – 1 500 кВ	31
3.1 Подготовка данных по уставкам предыдущих линий первой и второй периферии	31
3.1.1 Расчет уставок первых ступеней СТЗНП линий первой периферии	31
3.1.2 Расчет уставок первых ступеней СТЗНП линий второй периферии	32
3.1.3 Расчет уставок вторых ступеней СТЗНП линий первой периферии	34
3.1.4 Расчет уставок первых ступеней СДЗ линий первой периферии	37
3.1.5 Междофазная отсечка	38
3.2 СТЗНП ШЭ 2710 521	38
3.2.1 Расчет уставки первой ступени СТЗНП линии СГРЭС – 1 – Холмогоры	43

3.2.2 Расчет уставки второй ступени СТЗНП линии СГРЭС – 1 – Холмогоры	44
3.2.3 Расчет уставки третьей ступени СТЗНП линии СГРЭС – 1 – Холмогоры	45
3.2.4 Расчет уставки четвертой ступени СТЗНП линии СГРЭС – 1 – Холмогоры	47
3.3 СДЗ ШЭ 2710 521	48
3.3.1 Расчет уставки первой ступени СДЗ линии 500 кВ СГРЭС – 1 – Холмогоры	49
3.3.2 Расчет уставки второй ступени СДЗ линии 500 кВ СГРЭС – 1 – Холмогоры	50
3.3.3 Расчет уставки третьей ступени СДЗ линии 500 кВ СГРЭС – 1 – Холмогоры	52
3.4 Дифференциально-фазная высокочастотная защита линии ШЭ2710 582	54
3.4.1 Исходные данные для расчета защиты	56
3.4.2 Выбор уставки токового органа с пуском по току обратной последовательности I ₂ , действующего на блокировку	56
3.4.3 Выбор уставки токового органа с пуском по току обратной последовательности I ₂ , действующего на отключение	58
3.4.4 Выбор уставки блокирующего органа с пуском по напряжению обратной последовательности U ₂	59
3.4.5 Выбор уставки отключающего органа с пуском по напряжению обратной последовательности U ₂	60
3.4.6 Выбор уставки токового органа с пуском по приращению DI ₂ , действующего на блокировку	62
3.4.7 Уставка токового органа с пуском по приращению DI ₂ , действующего на отключение	62

3.4.8 Выбор уставки токового органа с пуском по приращению DИ1, действующего на блокировку	63
3.4.9 Выбор уставки токового органа с пуском по приращению DИ1, действующего на отключение	63
3.4.10 Орган манипуляции. Коэффициент комбинированного фильтра токов	64
3.4.11 Орган сравнения фаз. Выбор уставки по углу блокировки	65
3.4.12 Выбор уставки реле сопротивления Zоткл	66
3.5 ОАПВ линии	67
4 Обоснование варианта выбранной релейной защиты энергоблока 210 МВт подстанции СГРЭС – 1	71
4.1 Согласование уставок по параметру реагирования и времени дистанционной защиты и ступенчатой токовой защиты обратной последовательности энергоблока	71
4.1.1 Расчет уставок дистанционной защиты	71
4.1.2 Расчет уставок и проверка чувствительности СТЗОП	73
4.1.3 Выбор уставок грубой ступени отсечка II	74
4.1.4 Выбор уставок чувствительной ступени отсечка I	76
4.1.5 Выбор пускового органа	79
5 Использование протокола МЭК 60870-5-103 для организации взаимодействия между терминалами ШЭ111Х ЭКРА 200, установленных на Сургутской ГРЭС 181	
5.1 Использование протокола МЭК 60870-5-103 в терминалах микропроцессорных серии ЭКРА 200	81
5.1.1 Назначение протокола МЭК 60870-5-103	81
5.1.2 Подключение и параметры связи	81
5.2 Интеграция в АСУ ТП микропроцессорных терминалов	82

5.2.1 Интеграция в АСУ ТП по интерфейсу RS-485	82
5.2.2 Интеграция в АСУ ТП по интерфейсу Ethernet	84
5.2.3 Резервирование сети Ethernet	85
5.2.4 Интеграция через OPC-сервер	87
5.2.5 Служебный интерфейс	88
5.3 Архитектура АСУ ТП ЭС	88
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	95
6.1 Потенциальные потребители результатов исследования и анализ конкурентных технических решений	96
6.2 Формирование плана и графика разработки	98
6.2.1 Определение структуры работ	98
6.2.2 Определение трудоемкости работ	98
6.2.3 Разработка линейного графика	99
6.3 Формирование бюджета затрат на научное исследование	100
6.3.1 Материальные затраты	100
6.3.2 Заработная плата	100
6.3.3 Отчисления на социальные цели	102
6.3.4 Накладные расходы	103
6.4 Оценка рисков при создании проекта	104
6.5 Описание групп рисков	104
6.6 Оценка важности группы рисков	105
7 Социальная ответственность	108
7.1 Описание рабочего места электромонтера по ремонту и обслуживанию электрооборудования	108
7.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов	109

7.3 Производственная безопасность	109
7.4 Производственная санитария	112
7.5 Пожарная и взрывная безопасность	118
7.6 Расчет заземления	123
7.7 Экологическая безопасность	126
Заключение	128
Список используемых источников	130
Приложение А Transmission lines protection based on the current eigenvalues differential concept	133
Приложение Б Рисунок П.Б.1 – Схема электрических соединений и рисунок П.Б.2 – Карта селективности	148
Приложение В Рисунок П.В.1 – Совмещенная схема замещения прямой, обратной и нулевой последовательности	150
Приложение Г	151
Приложение Д	170
Приложение Е	176
Приложение Ж	182

Введение

Особенностью электроэнергетических систем (ЭЭС) является жесткая взаимосвязь разнородных элементов и комплексов: электрические элементы: оборудование; генераторы, двигатели, трансформаторы, реакторы, компенсаторы, фильтр нагрузки, фильтр-нагрузки-регуляторы; электрические линии разных классов напряжений; энергомеханические: паровые и газовые турбины, сочлененные с турбогенераторами, гидротурбины, сочлененные с гидрогенераторами; физико-химические энергетические преобразователи: котельные агрегаты, атомные реакторы, камеры сгорания газовых турбин; системы топливо приготовления на угольных электростанциях, транспортные системы и цеха, водохранилище и т.д. Вся названная система компонентов функционирует в условиях взаимозависимости параметров процессов в одних элементах от параметров процессов в других. Однако не только по параметрам процессов элементы ЭЭС взаимосвязаны, но сами параметры процессов определяются параметрами схем и конструкции элементов, среди которых обобщающими и фундаментальными являются коэффициенты передачи между выходом и входом элементов и постоянные времени, отображающие динамику изменения процессов.

В настоящее время при рассмотрении процессов в электрической части ЭЭС, на которые реагирует релейная защита и автоматика (РЗА), считается достаточным учитывать элементы электрической схемы (электрической сети) и участвующие в электромеханическом преобразовании энергии турбины. Причем последнее учитывается только при расчете параметров электромеханических процессов, что в свою очередь необходимо для определения и уточнения уставок противоаварийной автоматики (ПА).

Время протекания электромагнитных процессов настолько быстротечно, что никакого непосредственного участия обслуживающего персонала в обнаружении и управлении ими не может быть и речи. Поэтому устройства релейной защиты (РЗ), автоматического повторного включения (АПВ),

автоматического включения резерва (АВР), устройства резервирующего отказы выключателей (УРОВ) и др., реагирующие на параметр электромагнитных процессов, функционируют без участия оперативного персонала, т.е. чисто автоматически. Практически устройства ПА, реагирующие на параметры быстрых электромеханических процессов, также работают без участия человека. Таким образом, работа электроустановок не может проходить нормально без средств РЗА, которые быстро обнаруживают место повреждения, возмущения, их последствия, локализуют их и подавляют распространение путем отключения поврежденного или предельно-перегруженного элемента от электрической сети, форсируют системы управления нагруженных элементов

В настоящее время в электроустановках используется устройства РЗА трех видов, которые отражают три поколения развития аппаратуры РЗА: электромеханические устройства, микроэлектронные и микропроцессорные. Наиболее современным является последний вид. Хотя количество внедренных микропроцессорных устройств в электроустановках незначительно, нет достаточного количества опубликованных учебных материалов, при проектировании РЗА необходимо обращаться как к более современным и перспективным микропроцессорным системам, микроэлектронным устройствам.

На основании изложенного, в данном проекте была сформулирована следующая задача: спроектировать релейную защиту и автоматическое повторное включение линии 500 кВ «СГРЭС – 1 – ПС Холмогоры» и защиту энергоблока ТГВ – 200–2МУЗ, расположенного на СГРЭС – 1.

Для выполнения поставленной задачи, необходимо выбрать район сети, включающий автоматизируемые объекты. Этот выбор нужно осуществить так, чтобы была возможность достаточно полноценно спроектировать РЗА автоматизируемых объектов.

Для решения поставленных задач использованы расчетно-аналитические и графические методы, методы логики, математической статистики. Реализация

названных методов и алгоритмов осуществляется через пакеты прикладных программ «Mathcad», «АРМ СРЗА», «Mustang», «Excel».

Объект и методы исследования

Объектом проектирования данной работы является: РЗА и автоматическое повторное включение линии 500 кВ «СГРЭС – 1 – ПС Холмогоры» и защита энергоблока ТГВ – 200–2МУЗ, расположенного на ПС СГРЭС –1Тюменской энергосистемы.

Исходными данными для проектирования являются: база данных Тюменской энергосистемы в программном комплексе АРМ СРЗА и параметры энергоблока ТГВ – 200–2МУЗ на ПС СГРЭС –1.

Для выполнения поставленной задачи, необходимо выбрать район сети, включающий автоматизируемые объекты. Необходимо отметить, что формирование района сети с точки зрения РЗ должно быть реализовано в составе автоматизируемых объектов и периферий предыдущих и смежных элементов в объеме, который позволит обеспечить полноценные расчеты уставок и чувствительности устройств РЗ.

Для решения поставленных задач использованы расчетно-аналитические и графические методы, методы логики, математической статистики. Реализация названных методов и алгоритмов осуществляется через пакеты прикладных программ «Mathcad», «АРМ СРЗА», «Mustang», «Excel».

Программный комплекс АРМ СРЗА позволяет:

- создавать математическую модель электрической сети в графическом или табличном виде;
- производить расчеты электрических величин в сети неограниченного объема, при повреждениях любой сложности, с учетом групп ветвей взаимоиндукции, активной составляющей сопротивлений, отличия величины сопротивлений прямой и обратной последовательностей и фактических групп соединения обмоток трансформаторов в трехфазной симметричной сети любого напряжения;
- получать выходные документы в формате Word и Excel;
- производить расчет уставок микропроцессорных защит, токовых

- ступенчатых защит от замыканий на землю, дистанционных защит типа ЭПЗ-1636, ДЗ-503, ПЗ-5, ПДЭ-2001, ШДЭ-2801,БРЭ-2801, токовых защит от междуфазных К.З., микропроцессорных дистанционных защит НПП «ЭКРА», SIEMENS, ALTSTOM;
- производить расчеты для определения места повреждения сети.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ4Б	Балагура Павел Юрьевич

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроэнергетических систем
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Электроэнергетика и Электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г.Томску Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Величина накладных расходов 16 %
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления на социальные цели 27,1 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Потенциальные потребители результатов исследования; - Анализ конкурентных технических решений.
2. Формирование плана и графика разработки	Планирование работ по проекту: - Определение структуры работ; - Определение трудоемкости работ; - Разработка линейного графика
3. Формирование бюджета затрат на научное исследование	Составление сметы для проекта: - Расчет материальных затрат; - Заработная плата; - Отчислений на социальные цели; - Накладных расходов.
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой и экономической эффективности исследования	Оценка целесообразности проекта: - Описание групп рисков; - Оценка важности группы рисков.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Календарный план-график проведения работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Е.А. Грахова			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	Балагура Павел Юрьевич		

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не только масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;

- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

6.1 Потенциальные потребители результатов исследования и анализ конкурентных технических решений

Объектом автоматизации является воздушная линия электропередачи напряжением 500 кВ СГРЭС – 1 – Холмогорская и автотрансформатор 500/220/10,5 кВ на подстанции Холмогоры Тюменской энергосистемы.

Цель проекта: разработать релейную защиту и автоматическое повторное включение (АПВ) для линии электропередачи, дифференциальную и ступенчатые защиты на высшей и средней стороне автотрансформатора, выполнить оценку экономической эффективности спроектированных релейной защиты и автоматики.

Для достижения цели использованы расчетные и графоаналитические методы, вычислительные расчетные комплексы АРМ СРЗА, Дакар с базами данных Тюменской энергосистемы, пакеты вспомогательных программ Mathcad, Excel, вероятностные расчеты.

Спроектированные релейная защита и автоматика линии электропередачи базируются на отечественной микропроцессорной базе. Чувствительность измерительных органов основных и ряда резервных дистанционных и токовых ступеней нулевой последовательности защит достигнута благодаря использованию возможностей типовой аппаратуры (ШЭ-2710) защит линии и энергоблока.

Полученные в проекте результаты могут быть использованы как эскизные для рабочего проектирования, как предварительные в расчетных группах РЗА центрального, объединенного или регионального диспетчерского управления, в техническом ведении которых находятся сети 500 кВ.

Основные этапы выбора решения:

- точная формулировка поставленной проблемы;
- определение параметров (характеристик), от которых зависит решение проблемы;
- деление параметров на их значения и представление их в виде набора матриц (или морфологической таблицы, карты);
- формирование вариантов путем комбинаций – по одному элементу из каждой строки;
- проверка всех имеющихся в морфологической карте вариантов на совместимость элементов и отброс нулевых вариантов, определение функциональной ценности всех возможных сочетаний;
- выбор из морфологической карты наилучшего варианта решения проблемы (выполняется с применением различных, в том числе экспертных методов).

После того как был сформирован вариант формирования решения проблем необходимо выбрать наилучший. Критерием для выбора служат затраты на проект [19]:

$$Z_{\text{пр}} = E_n \cdot K + U \rightarrow \min, \quad (6.1)$$

где E_n – норма доходности инвестиций;

U – эксплуатационные затраты с учетом потерь и обеспечения надежности.

Матрица структурных возможностей аппаратных средств РЗА для ВЛ 500 кВ приведена в таблице 6.1.

Таблица 6.1 –Матрица структурных возможностей аппаратных средств РЗА

Индекс пар-ра	Морфологический признак (параметр)	Вид (способ) исполнения		
		электромех-кое	микроэлек-ное	микропроц-ное
1	Вид устройств релейной защиты			
2	Поставщики релейной защиты	Siemens	ЭКРА	Бреслер
3	Напряжение, кВ	110-220	330-750	-
4	Комплекс основной защиты линии	ШЭ2710 582	ШЭ2710 538	ШЭ2710 591
5	Комплекс резервной защиты линии	ШЭ2710 511	ШЭ2710 521	-

Исходя из критериев и параметров для РЗА ВЛ 500 кВ была выбрана целесообразная с экономической и практической точки зрения аппаратура защищаемой линии, используемая в реализации проекта, в соответствии с необходимыми требованиями, для дальнейшей коммерциализации проекта.

6.2 Формирование плана и графика разработки

6.2.1 Определение структуры работ

Планирование комплекса предполагаемых работ производится в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения работ по проектированию формируется группа, в состав которой могут входить: руководитель и инженер.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице П.Е.1.

6.2.2 Определение трудоемкости работ

Важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников проектирования.

Трудоемкость выполнения работ оценивается экспертным путем в человеко – днях и носит вероятностный характер. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула [19]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (6.2)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

6.2.3 Разработка линейного графика

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (6.3)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;
 $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;
 $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Пример расчёта:

$$t_{\text{ож1}} = \frac{3t_{\text{min 1}} + 2t_{\text{max 1}}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 3 \cdot 9}{5} = 5 \text{ чел – дни,}$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118 - 14} = 1,56.$$

На основе таблицы П.Е.1 и П.Е.2 строится календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней). Результаты сведены в таблицу П.Е.3.

6.3 Формирование бюджета затрат на научное исследование

6.3.1 Материальные затраты

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Материальные затраты

Наименование	Ед. измерения	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Персональный компьютер с ПТК АРМ СРЗА, Mathcad, Дакар, Microsoft Office	Штука	1	30000	30000
Аксессуары для ПК	Штука	1	1000	1000
Принтер	Штука	1	5000	5000
Канцелярские товары	Упаковка	1	1000	1000
Услуги интернет провайдера	Пакет услуг	4	800	800
Итого:				37800

6.3.2 Заработная плата

Расчет заработной платы приведен в таблице П.Е.4.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$ЗП = ЗП_{\text{Т}} + ЗП_{\text{доп}} + ЗП_{\text{пос}}, \quad (6.4)$$

где $ЗП_{\text{Т}}$ – тарифный фонд заработной платы (по окладам);

$ЗП_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата за неотработанное время

(8% для инженера, 16% для руководителя от $ЗП_{\text{Т}}$):

$$ЗП_{\text{доп}} = (0,08 - 0,16) \cdot ЗП_{\text{Т}}, \quad (6.5)$$

где $ЗП_{\text{доп}}$ – доплаты за условия работы и проживания

(0,3-0,5) ($ЗП_{\text{Т}} + ЗП_{\text{доп}}$) (учитывается поясной коэффициент и доплата за вредные и опасные условия работы).

Тарифная заработная плата $ЗП_{\text{Т}}$ находится из произведения тарифной ставки работника на среднюю заработную плату (5554 руб.). Для старшего преподавателя 13 разряда по таблице 6, $k_{\text{тар}}=3,12$, для инженера 10 разряда по таблице 6, $k_{\text{тар}}=2,44$.

Тарифная заработная плата для руководителя:

$$ЗП_{\text{Т}} = 5554 \cdot 3,12 = 17328,5 \text{ руб.}$$

Тарифная заработная плата для инженера:

$$ЗП_{\text{Т}} = 5554 \cdot 2,44 = 13551,8 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад работника за 21 рабочий день:

$$ЗП_{\text{М}} = ЗП_{\text{Т}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (6.6)$$

где $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёта заработной платы для руководителя за рабочий день:

$$ЗП = 17328,5 \cdot 1,3 / 21 = 1072,7 \text{ руб.}$$

Расчёта заработной платы для инженера за рабочий день:

$$ЗП = 13551,8 \cdot 1,3 / 21 = 838,9 \text{ руб.}$$

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 7.3.

Таблица 6.3 – Расчёт заработной платы

Исполнители	ЗП _т , руб.	k_p	З _{дн} , руб.	Т _р , раб.дн.	ЗП _м , руб.
Руководитель	17328,5	1,3	1072,7	16	17163,2
Инженер	13551,8	1,3	838,9	61	51172,9
Итого:					68336,1

Дополнительная заработная плата за неотработанное время для руководителя:

$$ЗП_{\text{доп}} = 0,16 \cdot 17163,2 = 2746,1 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата за неотработанное время для инженера:

$$ЗП_{\text{доп}} = 0,8 \cdot 51172,9 = 4093,8 \text{ руб.}$$

Доплата за условия работы и проживания для руководителя:

$$ЗП_{\text{пос}} = 0,3 \cdot (17163,2 + 2746,1) = 5972,8 \text{ руб.}$$

Доплата за условия работы и проживания для инженера:

$$ЗП_{\text{пос}} = 0,3 \cdot (51172,9 + 4093,8) = 16580 \text{ руб.,}$$

$$ЗП = 68336,1 + (2746,1 + 4093,8) + (5972,8 + 16580) = 97728,8 \text{ руб.,}$$

6.3.3 Отчисления на социальные цели

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [21]:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (6.7)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

$$З_{внеб} = 0,271 \cdot (68336,1 + (2746,1 + 4093,8)) = 20372,7 \text{ руб.}$$

6.3.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [21]:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 15) \cdot k_{нр}, \quad (6.8)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 140%.

$$З_{накл} = 68336,1 \cdot 1,4 = 95670,5 \text{ руб.}$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта приведен в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Примечание	
	руб.	В%
Материальные затраты НТИ	37800	15
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	97728,8	38,85
Накладные расходы	95670,5	38,05
Отчисления во внебюджетные фонды	20372,7	8,1
Бюджетные затраты НТИ	251572	100

6.4 Оценка рисков при создании проекта

Проведение оценки рисков, которым может подвергнуться исполнение проекта разработки РЗиА линии и автотрансформатора производится квалифицированными экспертами на основе их мнения о текущем положении в стране и региона, а также с учетом сведений о поставщиках и подрядчиках оборудования и условий их работы.

6.5 Описание групп рисков

Риски проекта по своему составу можно объединить в указанные ниже группы в зависимости от их характера (социальные, экономические, экологические, технические, и политические) [22].

К социальным рискам относятся:

- потеря и хищения имущества на стадии производства продукции;
- несоблюдение техники безопасности;
- отсутствие командной работы.

К экономическим рискам можно отнести:

- рост цен;
- недобросовестные поставщики и исполнители;
- изменение налогообложения;

- непредвиденные расходы;
- недобросовестные поставщики и исполнители

Технологические риски включают в себя:

- низкое качество изготовления комплектующих;
- неисправность оборудования;
- опасность повреждения оборудования при транспортировке;
- опасность повреждения комплектующих при монтаже.

Возможные экологические риски:

- высокий уровень травматизма.

Политические риски:

- критика в СМИ;
- нарушение действующих нормативных законодательных норм;
- возможное изменение политического курса партии и правительства.

6.6 Оценка важности группы рисков

При оценке важности рисков, оценивается вероятность их наступления.

По шкале от 0 до 100 процентов:

- 100 – Наступит точно
- 75 – Скорее всего, наступит
- 50 – Ситуация неопределенности
- 25 – Риск, скорее всего не наступит
- 0 – Риск не наступит

Оценка важности риска оценивается весовым коэффициентом (w_i).

Важность оценивается по 10- балльной шкале b_i .

Внутри каждой группы оценка идет от простого к сложному. Сумма весовых коэффициентов должна равняться единице.

В таблицах П.Е.5 – П.Е.9 представлены проведения различных экспертиз рисков.

Вычисление общих рисков для проекта представлено в таблице П.Е.10.